

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: October 1, 2002

Application Number: Patent Application No. 2002-288805
[ST.10/C]: [JP2002-288805]

Applicant(s): HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA

July 8, 2003

Commissioner,
Japan Patent Office Shinichiro OTA

Certificated No. 2003 - 3053836

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年10月 1日
Date of Application:

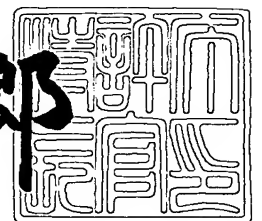
出願番号 特願2002-288805
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-288805]

出願人 本田技研工業株式会社
Applicant(s):

2003年 7月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3053836

【書類名】 特許願

【整理番号】 PSK62791HT

【提出日】 平成14年10月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02P 21/00
B60L 11/18

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研
究所内

【氏名】 田嶋 茂

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研
究所内

【氏名】 井上 秀毅

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077805

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 辰彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100077665

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 剛宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015174

【納付金額】 21,000円



【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9711295

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】**

永久磁石式回転電機の制御装置

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転子及び固定子にそれぞれ永久磁石及び電機子を設けた永久磁石式回転電機と、前記回転子の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、前記回転子の磁極位置に応じて前記電機子に印加する電機子電圧の位相を操作しつつ、該電機子に流れる電機子電流を制御する電流制御手段とを備えた永久磁石式回転電機の制御装置において、

前記回転子が回転しており、且つ前記電機子電流が略零となっている状態で、前記回転子の界磁方向を d 軸、該 d 軸に直交する方向を q 軸とする d q 座標系で前記回転電機を取扱う d q ベクトル制御の処理を実行し、該 d q ベクトル制御の処理により求められる d 軸電圧指令値が略零になるように、前記磁極位置検出手段により検出される磁極位置を補正するための磁極位置補正量を求める補正量決定手段を備え、

前記電流制御手段は、前記磁極位置検出手段により検出された磁極位置を前記補正量決定手段により求められた磁極位置補正量で補正してなる磁極位置を用いて前記電機子電圧の位相を操作することを特徴とする永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 2】

前記補正量決定手段は、前記回転子が回転しており、且つ前記電機子電流が略零となっている状態で前記磁極位置補正量を所定の仮設定値に定めて前記 d q ベクトル制御の処理を実行し、該 d q ベクトル制御の実行時に求めた d 軸電圧指令値と q 軸電圧指令値とから所定の演算式に基づき前記磁極位置補正量の真値を求めることを特徴とする請求項 1 記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 3】

前記補正量決定手段は、前記回転子が回転しており、且つ前記電機子電流が略零となっている状態で前記磁極位置補正量を複数種の値に変更しながら前記 d q

ベクトル制御の処理を実行して、該 d q ベクトル制御の実行時に求めた d 軸電圧指令値が略零となる磁極位置補正量の真値を検索して求めることを特徴とする請求項 1 記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 4】

前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理は、前記回転子の回転速度が所定速度以下であるときに行うことを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 5】

前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理は、前記回転子の回転速度が略一定である状態で行うことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 6】

前記永久磁石式回転電機は、車両の推進力を発生させるべく該車両に搭載された回転電機であり、前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理は、前記車両の生産完了時又は保守点検時に行うことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 7】

前記永久磁石式回転電機は、車両の推進力を発生させるべく該車両に搭載された回転電機であり、前記永久磁石式回転電機にトルクを発生させずに、車両の空走運転を行なう時に前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理を行なうことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 8】

前記永久磁石式回転電機は、その回転子をエンジンの出力軸に接続して該エンジンと共に平行型ハイブリッド車両に搭載された回転電機であり、前記永久磁石式回転電機にトルクを発生させずに、前記エンジンの運転を行う時に前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理を行なうことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【請求項 9】

前記永久磁石式回転電機は、その回転子をエンジンの出力軸に接続して該エンジンと共にパラレル型ハイブリッド車両に搭載された回転電機であり、前記永久磁石式回転電機にトルクを発生させずに、前記エンジンのアイドリング運転を行なう時に前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理を行なうことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、永久磁石式回転電機の制御装置に関する。すなわち、永久磁石式回転子を備えた電動機または発電機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

回転子（ロータ）、固定子（ステータ）にそれぞれ永久磁石、電機子を設けた永久磁石式回転電機（例えば 3 相 DC ブラシレスモータ）では、その発生トルクや回転速度を制御するために、回転子の磁極位置（より詳しくは磁極の回転角度位置）に応じて電機子の印加電圧（詳しくは電機子を構成する各相の巻き線の印加電圧。以下、ここでは電機子印加電圧という）の位相を操作する必要がある。このため、この種の回転電機では、回転子の磁極位置を検出する磁極位置検出器が備えられ、それにより検出された磁極位置に応じて電機子印加電圧の位相が操作される。該磁極位置検出器は、ホール素子や、エンコーダ等を用いて構成される。

【0003】

ここで、この種の回転電機の制御で用いられる制御手法について簡単に説明しておく。永久磁石式回転電機の制御では、所謂 $d-q$ ベクトル制御がしばしば用いられる。この制御手法は、回転子の界磁方向を d 軸、これと直交する方向を q 軸とする $d-q$ 座標系上の等価回路で回転電機の制御処理を行う手法である。より詳しくは、 $d-q$ ベクトル制御では、回転電機は d 軸上に存する d 軸電機子と q 軸上に存する q 軸電機子とからなる 2 相の等価回路に変換して扱われ、 d 軸電機子を

流れる d 軸電流と q 軸電機子を流れる q 軸電流とをそれぞれ指令値に従わせるように、フィードバック制御則により、d 軸電機子の印加電圧の指令値である d 軸電圧指令値と q 軸電機子の印加電圧の指令値である q 軸電圧指令値とが生成される。この場合、回転電機の実際の電機子の各相を流れる電流（以下、ここでは電機子電流という）は、電流検出器により検出され、それを回転子の磁極位置（これは d 軸の回転位置を表す）に基づいて座標変換することで、実際の電機子電流に対応する d 軸電流及び q 軸電流が把握（検出）される。そして、d q 座標系での d 軸電圧指令値及び q 軸電圧指令値は、その d 軸電流及び q 軸電流の検出値と、d 軸電流及び q 軸電流の指令値とに基づいて、それらを一致させるようにフィードバック制御則（例えば P I 制御則）により求められる。さらに、d 軸電圧指令値及び q 軸電圧指令値を、回転子の磁極位置に基づいて実際の電機子の各相の印加電圧の指令値としての電機子電圧指令値に変換し、その電機子電圧指令値に応じて PWM インバータ回路等を介して電機子の各相の印加電圧（該印加電圧の大きさ及び位相）が操作される。

【0004】

尚、永久磁石式回転電機の制御手法は、上記 d q ベクトル制御以外の他の手法も知られているが、いずれの制御手法であっても磁極位置を把握することは必要となる。

【0005】

ところで、上述のような磁極位置検出器を備えた永久磁石式回転電機の制御では、該磁極位置検出器の組み付け時の位置合わせや該磁極位置検出器自身の製造精度等に起因して、該磁極位置検出器により検出される磁極位置が実際の磁極位置に対して誤差を生じることが多々ある。そして、このような誤差がある場合には、検出された磁極位置をそのまま用いて電機子電圧の位相を操作すると、回転電機の力率や効率の低下を招く。

【0006】

このため、例えば特開 2001-8486 号公報に見られるように、磁極位置の検出値を補正する技術が知られている。同公報の技術では、回転子の磁石が円筒形である回転電機（円筒機）では、回転電機の発生トルク T が q 軸電流 I_q に

比例し、負荷トルクが一定であるときに、電機子電流（相電流）が最小となるように電機子電圧を操作した場合に d 軸電流指令値と電機子電流との比、あるいは d 軸電流指令値と q 軸電流指令値との比が、磁極位置検出器により検出される磁極位置と実際の磁極位置との誤差角と一定の相関性があることに着目したものである。そして、同公報の技術では、上記比の値に基づき誤差角を算出し、この算出した誤差角により磁極位置の検出値を補正して、回転電機の制御を行うようにしている。

【0007】

この技術では、上記のような磁極位置の検出値の補正を行うことで、回転電機の電機子電圧を検出する電圧検出器を備えることなく、磁極位置の検出値の補正を行うことを可能としている。

【0008】

【特許文献1】

特開 2001-8486 号公報（段落番号 0008、0018～0021）

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記公報の技術では、回転電機の発生トルク T が q 軸電流 I_q に比例することを前提とするものであるため、回転子の磁石が突極形である突極機には適用することができない。すなわち、永久磁石式回転電機の発生トルク T は、前記公報にも記載されているように次式（A）により表される。

【0010】

$$T = \Phi \cdot I_q + (L_d - L_q) \cdot I_d \cdot I_q \quad \cdots \cdots (A)$$

但し、 Φ ：磁束、 L_d ， L_q ：d，q 軸インダクタンス、

I_d ， I_q ：d，q 軸電流

【0011】

この場合、磁石が円筒形である円筒機では、 $L_d = L_q$ であるので、トルク T は、q 軸電流 I_q に比例することとなる。しかるに、磁石が突極形である突極機では、 $L_d \neq L_q$ であるので、トルク T は q 軸電流 I_q に比例しないこととなる。このため、突極機においては、前記公報の技術の前提条件が成立しないこととなり

、磁極位置の検出値の補正を適正に行うことができない。

【0012】

また、前記公報の技術では、磁極位置の検出値の補正量としての前記誤差角を求めるために、回転電機の負荷トルクが一定であることを条件としている。しかるに、例えば車両の推進力を発生させる原動機として該車両に搭載される回転電機（例えば平行型ハイブリッド車の補助出力発生用の回転電機、あるいはシリーズ型ハイブリッド車の走行用回転電機）では、回転電機の負荷トルクは車両の走行条件によって変化するものであるため、回転電機の負荷トルクを一定に保つことは困難である。従って、前記公報の技術では、車両に搭載された回転電機が磁石が円筒形である円筒機であっても、磁極位置の検出値を適正に補正することが困難である。

【0013】

本発明はかかる背景に鑑みてなされたものであり、円筒機及び突極機のいずれであっても、電圧検出器を用いない簡単な手法で磁極位置の検出値の補正を適正に行って、永久磁石式回転電機の効率の良い運転制御を行うことができる制御装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

まず、本発明の基本的な考え方を図1 (a), (b) を参照して説明する。尚、図1 (a), (b) において、 $d-q$ 座標は回転子の実際の界磁方向を d 軸とする $d-q$ 座標（以下、実座標 $d-q$ という）を示し、 d_c-q_c 座標は磁極位置検出器により検出される磁極位置（以下、磁極検出位置という）により定まる $d-q$ 座標（前述した $d-q$ ベクトル制御の処理上の $d-q$ 座標。以下、指令軸座標 d_c-q_c という）を示している。

【0015】

ここで永久磁石式回転電機の回転子が回転しており、且つ、該回転電機の電機子電流 I （電機子の各相を流れる電流）が「0」になっている状態（以下、この状態を零電流状態という）に着目する。この零電流状態では、電機子印加電圧 V （電機子の各相の印加電圧）は、回転子の界磁により発生する逆起電圧 E に等し

くなっている。この場合、磁極検出位置が真の磁極位置に対して誤差が無いとする。すなわち、図 1 (a) に示すように、前記実座標 $d-q$ と指令軸座標 d_c-q_c とが一致しているとする。このとき、 $d-q$ ベクトル制御の処理によって求められる d 軸電圧指令値 V_{dc} (指令軸 d_c 上の電圧指令値) は $V_{dc}=0$ となり、 q 軸電圧指令値 V_{qc} は $V_{qc}=E$ となる。

【0016】

従って、前記零電流状態での $d-q$ ベクトル制御の処理により求められる d 軸電圧指令値 V_{dc} が「0」となるような状態では、磁極位置を正しく検出できていることとなる。このことは、磁極位置を正しく把握するためには、前記零電流状態で d 軸電圧指令値 V_{dc} が「0」となるように磁極検出位置を補正すればよいということの意味している。

【0017】

また、前記零電流状態で、磁極検出位置が真の磁極位置に対して誤差があるとする。例えば図 1 (b) に示すように、指令軸座標 d_c-q_c が実座標 $d-q$ に対して角度 θ_{ofs} の誤差を有するとする (以下、角度 θ_{ofs} を磁極位置誤差角 θ_{ofs} という)。このとき、 $d-q$ ベクトル制御の処理によって求められる d 軸電圧指令値 V_{dc} (指令軸 d_c 上の電圧指令値) は $V_{dc} \neq 0$ となり、 q 軸電圧指令値 V_{qc} (指令軸 q_c 上の電圧指令値) は $V_{qc} \neq E$ となる。そして、 V_{dc} の 2 乗値と、 V_{qc} の 2 乗値との和の平方根 $\sqrt{V_{dc}^2 + V_{qc}^2}$ が逆起電圧 E の大きさに等しくなる。さらにこの場合、 d 軸電圧指令値 V_{dc} と q 軸電圧指令値 V_{qc} との比 (V_{dc}/V_{qc}) は、磁極位置誤差角 θ_{ofs} の正接 $\tan \theta_{ofs}$ に等しくなる。すなわち、次式 (1) が成立する。

【0018】

$$\theta_{ofs} = \tan^{-1} (V_{dc}/V_{qc}) \quad \dots\dots (1)$$

【0019】

尚、逆起電圧 E の大きさ、ひいては d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} の大きさ自体は、回転子の回転速度に依存するが、式 (1) は、零電流状態であれば回転子の回転速度によらずに成立する。また、式 (1) は次式 (2) あるいは (3) と等価である。

【0020】

$$\theta_{ofs} = \sin^{-1} \{ V_{dc} / (\sqrt{V_{dc}^2 + V_{qc}^2}) \} \quad \dots (2)$$

【0021】

$$\theta_{ofs} = \cos^{-1} \{ V_{qc} / (\sqrt{V_{dc}^2 + V_{qc}^2}) \} \quad \dots (3)$$

【0022】

従って、前記零電流状態で d q ベクトル制御の処理により求められる d 軸電圧指令値 V_{dc} と q 軸電圧指令値 V_{qc} とから、前記式 (1) 又は (2) 又は (3) によって、磁極位置誤差角 θ_{ofs} を求めることができることとなる。そして、この磁極位置誤差角 θ_{ofs} だけ、磁極検出位置を補正すれば、正しい磁極位置を把握できることとなる。例えば、磁極検出位置に対応する磁極の回転角度位置を θ_{act} とすれば、その回転角度位置 θ_{act} から磁極位置誤差角 θ_{ofs} を減算した角度 $\theta_{act} - \theta_{ofs}$ が、正しい磁極位置を表すものとなる。

【0023】

尚、以上説明した原理は、回転子の磁石が円筒形であるか突極形であるかによらずに成立する事項である。

【0024】

本発明は、以上説明した原理に基づくものであり、以下に本発明を説明する。尚、この説明では、理解の便宜上、必要に応じて上記図 1 に示した参照符号を用いる。本発明は、回転子及び固定子にそれぞれ永久磁石及び電機子を設けた永久磁石式回転電機と、前記回転子の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、前記回転子の磁極位置に応じて前記電機子に印加する電機子電圧の位相を操作しつつ、該電機子に流れる電機子電流を制御する電流制御手段とを備えた永久磁石式回転電機の制御装置において、前記回転子が回転しており、且つ前記電機子電流が略零となっている状態（すなわち前記零電流状態）で、前記回転子の界磁方向を d 軸、該 d 軸に直交する方向を q 軸とする d q 座標系で前記回転電機を取扱う d q ベクトル制御の処理を実行し、該 d q ベクトル制御の処理により求められる d 軸電圧指令値 (V_{dc}) が略零になるように、前記磁極位置検出手段により検出される磁極位置（磁極検出位置）を補正するための磁極位置補正量 (θ_{ofs}) を求める補正量決定手段を備え、前記電流制御手段は、前記磁極位置検出手段により

検出された磁極位置を前記補正量決定手段により求められた磁極位置補正量 (θ_{ofs}) で補正してなる磁極位置を用いて前記電機子電圧の位相を操作することを特徴とするものである。

【0025】

かかる本発明によれば、前記零電流状態で d q ベクトル制御の処理により求められる d 軸電圧指令値 (V_{dc}) が略零になるように、前記磁極位置補正量 (θ_{ofs}) を求めるので、その磁極位置補正量 (θ_{ofs}) で磁極検出位置を補正してなる磁極位置は、永久磁石式回転電機が円筒機であるか突極機であるかによらずに、回転子の実際の磁極位置に合致するものとなる。このため、その補正後の磁極位置を用いて前記電機子電圧の位相を操作することによって、回転電機の効率や力率を損なうことなく、回転電機の動作制御（トルク制御や速度制御）を行なうことができることとなる。また、磁極位置補正量 (θ_{ofs}) は、 d 軸電圧指令値 (V_{dc}) を略零にするように求めるので、電機子の実際の印加電圧を電圧検出器により検出したりする必要はない。

【0026】

従って、本発明によれば、円筒機及び突極機のいずれであっても、電圧検出器を用いない簡単な手法で磁極位置の検出値の補正を適正に行って、永久磁石式回転電機の効率の良い運転制御を行うことができる。尚、前記零電流状態では電機子電流がほぼ零であるので、該零電流状態における前記 d q ベクトル制御の処理では、 d 軸電流指令値及び q 軸電流指令値を略零（好ましくは「0」）として行なうこととなる。また、本発明では、前記磁極位置補正量を求めるときに d q ベクトル制御の処理を行えばよいので、磁極位置補正量を求めるとき以外で、通常的に回転電機の運転を行なうときには、 d q ベクトル制御以外の制御手法を用いてもよい。

【0027】

かかる本発明では、前記磁極位置補正量 (θ_{ofs}) は、より具体的には次のように求めることができる。その第1の手法では、前記補正量決定手段は、前記零電流状態で、前記磁極位置補正量を所定の仮設定値に定めて前記 d q ベクトル制御の処理を実行し、該 d q ベクトル制御の実行時に求めた d 軸電圧指令値 (V_{dc})

）と q 軸電圧指令値 (V_{qc}) とから所定の演算式（前記式（１）又は（２）又は（３））に基づき前記磁極位置補正量の真値を求める。

【0028】

ここで、上記仮設定値は、例えば「０」でよいが、「０」でなくてもよい。仮設定値を「０」としたときには、磁極位置検出器により検出される磁極位置（磁極検出位置）をそのまま用いて、すなわち該磁極検出位置が正しいとみなして、前記 d q ベクトル制御の処理を実行することとなる。そして、この場合には、前記（１）又は（２）又は（３）により求められる磁極位置誤差角 θ_{ofs} が磁極検出位置を補正するための真の磁極位置補正量（正しい磁極位置補正量）を表すものとして求められることとなる。また、上記仮設定値を「０」でない値（一定値）に定めた場合には、その仮設定値によって磁極検出位置を補正してなる磁極位置を用いて（仮設定値によって磁極検出位置を補正してなる磁極位置が正しいとみなして）、前記 d q ベクトル制御の処理を実行することとなる。従って、この場合には、前記（１）又は（２）又は（３）により求められる磁極位置誤差角 θ_{ofs} と上記仮設定値とを合算してなる補正量が、磁極検出位置を補正するための真の磁極位置補正量（正しい磁極位置補正量）を表すものとして求められることとなる。

【0029】

また、第２の手法では、前記補正量決定手段は、前記零電流状態で、前記磁極位置補正量を複数種の値に変更しながら前記 d q ベクトル制御の処理を実行して、該 d q ベクトル制御の実行時に求めた d 軸電圧指令値 (V_{dc}) が略零となる磁極位置補正量 (θ_{ofs}) の真値を検索して求める。つまり、第２の手法では、磁極位置補正量 (θ_{ofs}) を試行的に種々様々の値に設定して、その設定の都度、 d q ベクトル制御の処理を実行し、 d 軸電圧指令値 (V_{dc}) が略零となる磁極位置補正量 (θ_{ofs}) を探索的に見出す。磁極位置補正量 (θ_{ofs}) をある値に設定したときに、 d 軸電圧指令値 (V_{dc}) が略零になれば、その時に設定した磁極位置補正量 (θ_{ofs}) の値が真値として得られることとなる。この第２の手法では、前記式（１）～（３）の演算を行なう必要はない。

【0030】

以上説明した本発明では、前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理は、前記回転子の回転速度が所定速度以下であるときに行なうことが好ましい。すなわち、前記回転電機の高速回転域では、電機子の逆起電圧 E が大きくなるため、電機子電流 I を略零にするためには、 d 軸電流を意図的に負の値として、磁極の界磁を弱める回転電機の制御（所謂界磁弱め制御）を行なう必要がある。そして、この状態では、前記式（１）～（３）の関係式が成立しなくなる。従って、回転子の回転速度が所定速度以下であるときに磁極位置補正量を求める処理を行なうことによって、その処理により求められる磁極位置補正量の信頼性を確保することができる。尚、上記所定速度は例えば 2000 rpm 程度の値である。

【0031】

また、本発明では、補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理は、前記回転子の回転速度が略一定である状態で行うことが好ましい。すなわち、回転子の回転速度が略一定であるときには、電機子の逆起電圧が略一定となるので、前記零電流状態における d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} もほぼ一定となる。このため、前記式（１）～（３）の関係式が精度よく成立することとなる。従って、前記補正量決定手段によって信頼性の高い（精度のよい）磁極位置補正量を求めることができる。

【0032】

かかる本発明は、前記永久磁石式回転電機は、車両の推進力を発生させるべく該車両に搭載された回転電機である場合に好適に適用できる。この種の回転電機としては、パラレル型ハイブリッド車両に、エンジンの出力を補助する補助出力を必要に応じて発生するものとして車両に搭載された回転電機や、シリーズ型ハイブリッド車両に走行用原動機として搭載された回転電機が挙げられる。本発明は、基本的には回転電機にトルクを発生させる必要が無い状況下であれば、前記磁極位置補正量を求めることができるので、種々様々な状況下で磁極位置補正量を求めることができる。

【0033】

例えば上記のように永久磁石式回転電機を搭載した車両の生産完了時又は保守

点検時に前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理を行なうことができる。また、車両の走行中であっても、回転電機にトルクを発生させずに車両の空走運転を行なう時（車両のアクセル操作をOFFにして、車両を惰性走行させているとき）に、前記補正量決定手段により前記磁極位置補正量を求める処理を行なうこともできる。

【0034】

また、前記永久磁石式回転電機が、その回転子をエンジンの出力軸に接続して該エンジンと共に平行型ハイブリッド車両に搭載された回転電機である場合には、前記永久磁石式回転電機にトルクを発生させずに、前記エンジンの運転を行う時に前記補正量決定手段により磁極位置補正量を求める処理を行なうことができる。尚、この場合、永久磁石式回転電機の回転子は、エンジンの出力軸に直結されていてもよいことはもちろん、クラッチやプーリ等の動力伝達手段を介して接続されていてもよい。つまり、該回転子は、直接的にエンジンの出力軸に接続されていてもよいことはもちろん、間接的に該エンジンの出力軸に接続されていてもよい。

【0035】

このように永久磁石式回転電機を平行型ハイブリッド車両に搭載した本発明では、エンジンの駆動力により車両を走行駆動させている状態（例えば車両のクルーズ走行時）に磁極位置補正量を求めるようにしてもよいが、エンジン及び回転電機の回転速度が安定するエンジンのアイドリング運転時に磁極位置補正量を求めることが好適である。

【0036】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施形態を前記図1並びに図2～図5を参照して説明する。図2は本実施形態の装置構成を示すブロック図である。図2を参照して、本実施形態の装置は、永久磁石式回転電機1（以下、モータ1という）と、このモータ1の電流制御を行なう電流制御手段としてのモータ制御装置2とを備えている。

【0037】

本実施形態では、モータ1は、平行型ハイブリッド車両に、必要に応じて

エンジン 3 の出力（車両推進力）を補助する補助出力（補助的な車両推進力）を発生させる原動機として搭載されたものである。そして、モータ 1 の回転子（ロータ）4 は、エンジン 3 の出力軸 3 a と連動して回転し得るように該出力軸 3 a に接続されると共に、該回転子 4 に発生させる出力（トルク）をエンジン 3 の出力と共に、図示しない変速機等の動力伝達装置を介して車両の駆動輪に伝達するようにしている。

【0038】

モータ 1 は、本実施形態では 3 相 DC ブラシレスモータであり、その要部構成を図 3 の横断面図で模式化して示す。同図に示すように、モータ 1 の回転子（ロータ）4 には永久磁石 5 が設けられ、固定子（ステータ）6 には 3 相（U 相、V 相、W 相）の巻き線から成る電機子 7 が設けられている。永久磁石 5 は本実施形態では、円筒形のものであるが、突極形のものであってもよい。尚、図 3 には、回転子 4 の永久磁石 5 の界磁方向を q 軸、これと直交する方向を d 軸とする d q 座標を併記している。

【0039】

図 2 に戻って、モータ 1 には、回転子 4 の磁極位置を検出する磁極位置検出器（磁極位置検出手段）8 が組み付けられている。該磁極位置検出器 8 は、ホール素子やエンコーダを用いて構成された公知のものであり、回転子 4 の所定の基準回転位置からの磁極の回転角度 θ_{act} （q 軸の回転角度）の検出値を示す信号を磁極位置の検出信号として出力する。尚、磁極位置検出器 8 により得られる回転角度 θ_{act} の検出値（以下、磁極検出角 θ_{act} という）は、該磁極位置検出器 8 の組み付け誤差等に起因して、一般には回転子 4 の実際の磁極位置（磁極の実際の回転角度）に対して誤差を生じる。

【0040】

前記モータ制御装置 2 は、前記した d q ベクトル制御によってモータ 1 の運転制御を行なうものであり、モータ 1 に発生させるトルクの指令値であるトルク指令値 T_{rc} に応じて、d 軸電流指令値 I_{dc} 及び q 軸電流指令値 I_{qc} を求める電流指令生成器 9 と、この電流指令生成器 9 が出力する d 軸電流指令値 I_{dc} 及び q 軸電流指令値 I_{qc} の組（ I_{dc} , I_{qc} ）と値「0」の d 軸電流指令値 I_{dc} 及び q 軸電流

指令値 I_{qc} の組 $(0, 0)$ とを選択的に出力する電流指令切換器 10 とを備えている。この場合、電流指令生成器 9 に入力されるトルク指令値 T_{rc} は、図外の演算処理装置によって車両の運転状態（アクセル操作量等）に応じて設定されるものである。そして、電流指令生成器 9 は、入力されたトルク指令値 T_{rc} のトルクをモータ 1 に発生させるために要する d 軸電流、q 軸電流を求め、それらを d 軸電流指令値 I_{dc} 及び q 軸電流指令値 I_{qc} として出力する。また、電流指令切換器 10 は、その出力を後述する位相補正器 18 の指令に応じて切換える。

【0041】

また、モータ制御装置 2 は、モータ 1 の電機子 7 の U 相、V 相を流れる電機子電流 I_u 、 I_v をそれぞれ検出する電機子電流検出器 11u、11v と、その電機子電流 I_u 、 I_v の検出値を座標変換することによって指令軸座標 dc-dq での d 軸電流 I_d 及び q 軸電流 I_q を算出する電流座標変換器 12 とを備えている。ここで、電機子 7 は 3 相であるため、その任意の 1 つの相を流れる電流は他の 2 つの相を流れる電流によって一義的に決まる。例えば W 相を流れる電流は、 $-(I_u + I_v)$ となる。このため、本実施形態では電機子電流検出器 11u、11v は 2 つの相（本実施形態では U 相、V 相）の電流を検出するものとしている。また、電流座標変換器 12 による座標変換は、回転子 4 の磁極の回転角度を示すものとして後述する減算処理器 19 により求められ磁極回転角 θ を用いて次式 (4) により行なわれる。

【0042】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} \sin(\theta + \frac{\pi}{3}) & \sin \theta \\ \cos(\theta + \frac{\pi}{3}) & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_u \\ I_v \end{bmatrix} \quad \text{----- (4)}$$

【0043】

この座標変換により求められる I_d 及び I_q は、磁極回転角 θ により定まる指令軸座標 dc-qc (θ を d 軸の回転位置として定まる dq 座標) での d 軸電流の検出値、q 軸電流の検出値としての意味を持つものである。以下の説明では、 I_d 及び I_q を d 軸検出電流 I_d 、q 軸検出電流 I_q と称する。

【0044】

さらにモータ制御装置 2 は、電流指令切換器 10 から出力される d 軸電流指令値 I_{dc} と電流座標変換器 12 により求められる d 軸検出電流 I_d との偏差、並びに、電流指令切換器 10 から出力される q 軸電流指令値 I_{qc} と電流座標変換器 12 により求められる q 軸検出電流 I_q との偏差をそれぞれ求める減算処理器 13, 14 と、これらの偏差 $(I_{dc} - I_d)$, $(I_{qc} - I_q)$ に応じて指令軸座標 dc-q での各軸方向の印加電圧の指令値である d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} を求める電圧指令生成器 15 と、その d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} を座標変換することによって電機子 7 の各相の印加電圧の指令値 V_{uc} , V_{vc} , V_{wc} (以下、相電圧指令値 V_{uc} , V_{vc} , V_{wc} という) を算出する電圧座標変換器 16 と、該相電圧指令値 V_{uc} , V_{vc} , V_{wc} に従って電機子 7 の各相の実際の印加電圧を操作する PWM インバータ回路 17 (モータドライブ回路) とを備えている。

【0045】

上記電圧指令生成器 15 は、基本的には、前記偏差 $(I_{dc} - I_d)$, $(I_{qc} - I_q)$ をそれぞれ「0」にするように P I 制御則等のフィードバック制御則に基づいて d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} を求めるものである。尚、この種の電圧指令生成器 15 は、公知のものであるのでここでの詳細な説明は省略するが、該電圧指令生成器 15 は、フィードバック制御則の処理に加えて、d, q 軸間での速度起電力の干渉を補償するための非干渉制御の処理を行なうことにより、d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} を求める。

【0046】

また、上記電圧座標変換器 16 による座標変換は、前記電流座標変換器 12 の座標変換で使したたものと同一の磁極回転角 θ を用いて次式 (5) により行なわれる。

【0047】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) & -\sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) & -\sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{dc} \\ V_{qc} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (5)$$

【0048】

この座標変換により求められる相電圧指令値 V_{uc} , V_{vc} , V_{wc} は、電機子 7 の各相 U, V, W の印加電圧の大きさ及び位相を規定するものであり、PWM インバータ回路 17 は、該相電圧指令値 V_{uc} , V_{vc} , V_{wc} に従って電機子 7 の各相 U, V, W の印加電圧の大きさ（振幅）及び位相を操作する。

【0049】

モータ制御装置 2 は、さらに、磁極位置検出器 7 による磁極検出角 θ_{act} の、実際の磁極の回転角度からの誤差角を表す磁極位置誤差角 θ_{ofs} を本発明における磁極位置補正量として求めて出力する位相補正器 18 と、この位相補正器 18 から出力される磁極位置誤差角 θ_{ofs} （以下、磁極補正角 θ_{ofs} という）を磁極位置検出器 7 による磁極検出角 θ_{act} から減算することにより、前記電流座標変換器 12 及び電圧座標変換器 16 の座標変換で用いる磁極回転角 θ ($= \theta_{act} - \theta_{ofs}$) を求める減算処理器 19 と、磁極検出角 θ_{act} を微分することによりモータ 1 の回転子 4 の回転速度（詳しくは回転角速度） $\omega = d\theta_{act}/dt$ を求める速度算出器 20 とを備えている。尚、回転速度 ω は、適宜の速度センサを用いて検出するようにしてもよい。あるいは、エンジン 3 の図示しない回転速度センサにより検出されるエンジン 3 の回転速度 N_e を上記回転角速度 ω の代わりに用いてもよい。

【0050】

ここで、位相補正器 18 は、本発明における補正量決定手段に相当するものである。その処理の詳細は後述するが、該位相補正器 18 は、所定の条件下で磁極補正角 θ_{ofs} を求めて記憶保持し、該所定の条件下以外のモータ 1 の通常的な運転時には、記憶保持している磁極補正角 θ_{ofs} を出力するものである。そして、位相補正器 18 は、磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理を実行しているときには、磁

極補正角 θ_{ofs} の仮設定値 α (以下、仮設定補正角 α という) を出力するようにしている。この場合には、減算処理器 19 が求める磁極回転角 θ は、 $\theta = \theta_{act} - \alpha$ となる。

【0051】

そして、位相補正器 18 には、その処理を行なうために、トルク指令 T_{rc} が入力されると共に、電圧指令生成器 9 から d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} の算出値が入力され、前記速度算出器 20 から回転角速度 ω の算出値が入力される。さらに、位相補正器 18 には、エンジン 3 の運転モードを表すデータ (例えばエンジン 3 の始動モードであるか否かを示すフラグデータ等) が入力される。また、位相補正器 18 は、磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理を実行しているときに、前記電流指令切換器 10 から値「0」の d 軸電流指令値 I_{dc} 及び q 軸電流指令値 I_{qc} の組 (0, 0) を出力させるための切換指令を該電流指令切換器 10 に出力するようにしている。

【0052】

尚、以上説明した本実施形態の装置において、電流指令生成器 9、電流指令切換器 10、減算処理器 13, 14, 19、電圧指令生成器 15、電流座標変換器 12、電圧座標変換器 16、位相補正器 18、速度算出器 20 は、本実施形態では所定のプログラムが実装されたマイクロコンピュータ (入出力回路を含む) の機能的手段として構成されている。

【0053】

次に、本実施形態の装置の作動を位相補正器 18 の詳細な処理を中心に図 4 のタイミングチャート及び図 5 のフローチャートを参照して説明する。車両の図示しない始動スイッチが ON にされると、モータ制御装置 2 等に電源が供給される。そして、モータ 1 をエンジン 3 の始動モータとして作動させてエンジン 3 を始動するために、モータ制御装置 2 には、図 4 の第 2 段図に示すように図示しない演算処理装置からトルク指令 T_{rc} が与えられる (図 4 の時刻 $t_1 \sim t_2$)。このとき、モータ制御装置 2 の位相補正器 18 は、現在記憶保持している磁極補正角 θ_{ofs} を出力すると共に、前記電流指令切換器 10 には、電流指令生成器 9 の d 軸電流指令値 I_{dc} 及び q 軸電流指令値 I_{qc} を出力させる切換え指令を与える。そして、

この状態でモータ制御装置 2 は、前記電流指令生成器 9、減算処理器 13, 14, 19、電圧指令生成器 15、電流座標変換器 12、電圧座標変換器 16 の前述した処理を実行し、これにより、モータ 1 にトルク指令 T_{rc} に応じたトルク（エンジン 3 を始動するトルク）を発生させる。これにより、エンジン 3 のクランクが開始される。併せて、図示しないエンジンコントローラによりエンジン 3 の燃料供給制御及び点火制御が行なわれ、該エンジン 3 が始動される。

【0054】

このエンジン 3 の始動により、図 4 の第 5 段図に示すようにエンジン 3 の回転速度 N_e （本実施形態では、これはモータ 1 の回転角速度 ω に等しい）が上昇し、該 N_e が所定値以上になると、エンジン 3 の始動モードは終了し（エンジン 3 のアイドリング運転が開始する）、モータ 1 のトルク指令 T_{rc} が「0」になる（図 4 の時刻 t_2 ）。尚、ここでは、車両のアクセル操作はなされていないものとする。

【0055】

そして、このとき、図示しない演算処理装置により、図 4 の第 4 段図に示すように、エンジン 3 の始動が完了したか否かを示す始動完了フラグが「1」にセットされる。この始動完了フラグは、エンジン 3 の運転モードを表すデータとしてモータ制御装置 2 の位相補正器 18 に入力される。

【0056】

次いで、エンジン 3 のアイドリング運転が継続し、エンジン 3 の回転速度 N_e あるいはモータ 1 の回転角速度 ω が所定のアイドリング回転速度（例えば 800～1000 rpm）付近でほぼ一定に維持されるようになると、モータ 1 の回転速度が所定値（例えば 2000 rpm）以下でほぼ一定の回転速度になっているか否かを示す安定チェックフラグが位相補正器 18 で「1」にセットされる（図 4 の時刻 t_3 ）。そして、このとき、位相補正器 18 は、前記磁極補正角 θ_{ofs} を新たに求めるための処理を実行する（図 4 の時刻 $t_3 \sim t_4$ ）。

【0057】

上述のようなシーケンスにおける位相補正器 18 の処理は、図 5 のフローチャートに示すように実行される。

【0058】

すなわち、位相補正器18は、エンジン1の始動が完了した直後であるか否かを前記始動完了フラグ（図4参照）の値によりSTEP1で判断する。この判断結果がYESである場合には（図4の時刻t2）、位相補正器18はさらに、モータ1の回転速度 ω が所定値以下（例えば2000rpm）であるか否か、略一定であるか否かをそれぞれSTEP2, 3で判断する。STEP3の判断は、例えば前記速度算出器20により求められるモータ1の回転速度 ω の経時的な変動幅が所定時間以上、所定幅 δ 以下（図4の第5段図参照）に収まっているか否かを判断することにより行なわれる。そして、これらの判断結果がいずれもYESである場合には、位相補正器18は、さらにトルク指令値 T_{rc} が略「0」であるか否かをSTEP4で判断する。この判断は、トルク指令値 T_{rc} があらかじめ定めた「0」近傍の範囲内にあるか否かを判断することにより行なわれる。

【0059】

位相補正器18は、STEP4の判断結果がYESである場合（STEP1～4の判断結果がいずれもYESである場合）にはSTEP5からの処理を実行して、磁極補正角 θ_{ofs} を以下に説明するように求める。また、STEP1～4のいずれかの判断結果がNOである場合には、STEP1～4の判断処理が繰り返される。尚、STEP1～4の判断処理が繰り返される場合において、位相補正器18は現在記憶保持している磁極補正角 θ_{ofs} を出力する。

【0060】

STEP5では位相補正器18は、値「0」のd軸電流指令値 $I_d=0$ 及びq軸電流指令値 $I_q=0$ を前記電流指令切換器10に出力させる切換指令を該電流指令切換器10に与える。さらに、位相補正器18は、STEP6において、仮設定補正角 α を「0」として、これを磁極補正角 θ_{ofs} の代わりに出力する。

【0061】

この場合、前記減算処理器19で求められる磁極回転角 θ は、 $\theta = \theta_{act} - \alpha = \theta_{act}$ となる。従って、磁極位置検出器8による磁極検出角 θ_{act} がそのまま、前記電流座標変換器12及び電圧座標変換器16の座標変換で用いる磁極回転角 θ として、それらの変換器12, 16に入力されることとなる。そして、この状

態で、モータ制御装置 2 は、前記 d 軸検出電流 I_d 及び q 軸検出電流 I_q をそれらの指令値である「0」に合致させるように相電圧指令値 V_{uc} , V_{vc} , V_{wc} を求めて、モータ 1 の電機子の印加電圧を操作する。この結果、モータ 1 の実際の電機子電流 (U , V , W の各相を流れる電流) がほぼ「0」に制御される。

【0062】

STEP 6 の処理を実行した後、位相補正器 18 は STEP 7 で所定時間、待機した後、後述する STEP 8 の処理を実行する。ここで、上記所定時間は、STEP 6 の処理を実行してから、モータ 1 の実際の電機子電流が十分に「0」近傍に収束するまでに必要十分な時間としてあらかじめ定められた時間であり、例えば 0.5 秒である。尚、STEP 7 で所定時間待機する代わりに、前記電機子電流検出器 11u, 11v により検出される電機子電流を監視し、それらが「0」近傍の所定の範囲内に収まったときに、STEP 8 の処理を実行するようにしてもよい。

【0063】

上記 STEP 7 において、モータ 1 の状態は、前記零電流状態となる。そして、このとき、モータ制御装置 2 の dq ベクトル制御の処理上で認識されている磁極の回転角度 (図 1 (b) の指令軸 dc の回転角度位置)、すなわち、前記磁極回転角 θ は、磁極位置検出器 8 による磁極検出角 θ_{act} であるので、該磁極検出角 θ_{act} の、実際の磁極位置の回転角に対する誤差角は、前記式 (1) により表される。そこで、STEP 8 においては、位相補正器 18 は、電圧指令生成器 15 が求めた d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} を用いて式 (1) の右辺の演算を行い、その演算により求めた値を新たに磁極補正角 θ_{ofs} として求める。さらに、位相補正器 18 は、この求めた磁極補正角 θ_{ofs} を STEP 9 で記憶保持し、磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理を終了する。

【0064】

尚、以後は、位相補正器 18 は、再び磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理 (STEP 5 ~ 9 の処理) を実行するときまで、すなわち、エンジン 3 の次の運転が再開されるときまで (但し車両の運転中)、上記 STEP 9 で記憶保持した磁極補正角 θ_{ofs} を出力する。従って、以後は、その磁極補正角 θ_{ofs} を磁極検出角 θ_{ac}

tから減算してなる磁極回転角 θ が、回転子4の実際の磁極位置を表すものとして、モータ制御装置2によるモータ2の制御に用いられる。

【0065】

上述のようにSTEP 8で求められる磁極補正角 θ_{ofs} は、前記図1を参照して説明した原理に従って、磁極検出角 θ_{act} の、実際の磁極位置の回転角に対する誤差角を表すものとなる。そして、この場合、本実施形態では、モータ2の回転速度 ω が所定値以下であるとき、すなわち、d軸電流指令値 I_{dc} を意図的に負の値に設定する界磁弱め制御を行なう必要のない状態で磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理を実行する。さらに、モータ2の回転速度 ω がほぼ一定の回転速度である状態、すなわち、電機子7の各相に発生する逆起電圧がほぼ一定となる状態で磁極補正角 θ_{ofs} を求める。このため、磁極補正角 θ_{ofs} を精度よく求めることができる。このことは、回転子4の永久磁石5が円筒形のものである場合に限らず、突極形のものである場合でも同様である。

【0066】

従って、本実施形態によれば、円筒機及び突極機のいずれであっても、磁極補正角 θ_{ofs} を簡単な構成で精度よく求めることができる。そして、磁極補正角 θ_{ofs} を精度よく求めることができるので、モータ2にトルクを発生させる該モータ2の運転時におけるモータ効率や力率を高めることができる。

【0067】

尚、本実施形態では、図5のSTEP 8では、磁極補正角 θ_{ofs} を式(1)により求めたが、前記式(2)又は(3)により求めるようにしてもよい。また、本実施形態では、磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理を実行している最中に用いる仮設定補正角 α を「0」にしたが、他の値、例えば磁極補正角 θ_{ofs} の現在値を仮設定補正角 α として用いてもよい。この場合には、図5のSTEP 8において、式(1)又は式(2)又は式(3)の右辺の演算により求められる値を、磁極補正角 θ_{ofs} の現在値に加算することで、新たな磁極補正角 θ_{ofs} を求めるようにすればよい。

【0068】

次に本発明の第2実施形態を図6を参照して説明する。尚、本実施形態は、位

相補正器 18 で磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理（図 5 に対応する処理）のみが、前記第 1 実施形態と相違するものであるので、該第 1 実施形態と同一構成部分及び同一処理部分については前記第 1 実施形態と同一の参照符号及び図面を用い、説明を省略する。

【0069】

本実施形態では、磁極補正角 θ_{ofs} を求めるときの位相補正器 18 の処理は、図 6 のフローチャートに示すように実行される。同図 6 を参照して、STEP 11 ~ 14 の判断処理（磁極補正角 θ_{ofs} を求める条件が成立しているか否かの判断処理）は、前記図 5 の STEP 1 ~ 4 の処理と同一である。そして、位相補正器 18 は、STEP 11 ~ 14 の条件が成立すると、STEP 15 ~ 21 の処理を実行し、磁極補正角 θ_{ofs} を求める。この場合、本実施形態で磁極補正角 θ_{ofs} を求める処理では、前記仮設定補正角 α を複数種類の値に設定し、探索的に磁極補正角 θ_{ofs} を求める。さらに詳細には、位相補正器 18 は、STEP 15 において、値「0」の d 軸電流指令値 $I_d = 0$ 及び q 軸電流指令値 $I_q = 0$ を前記電流指令切換器 10 に出力させる切換指令を該電流指令切換器 10 に与える。さらに、位相補正器 18 は、STEP 16 において、仮設定補正角 α の初期値を例えば「0」として、これを磁極補正角 θ_{ofs} の代わりに出力した後、STEP 17 において所定時間待機する。該所定時間は、前記図 5 の STEP 7 の場合と同様、モータ 1 の実際の電機子電流が十分に「0」近傍に収束するまでに必要十分な時間としてあらかじめ定められた時間（例えば 0.5 秒）である。尚、STEP 17 で所定時間待機する代わりに、前記電機子電流検出器 11u, 11v により検出される電機子電流を監視し、それらが「0」近傍の所定の範囲内に収まったときに、次の STEP 18 の処理を実行するようにしてもよい。

【0070】

次いで、STEP 18 においては、位相補正器 18 は、電圧指令生成器 15 が求めた d 軸電圧指令値 V_{dc} が略「0」であるか否かを判断する。この判断は、 V_{dc} が「0」近傍の所定範囲内にあるか否かを判断することにより行なわれる。このとき、STEP 18 の判断結果が YES である場合には、位相補正器 18 が現在出力している仮設定補正角 α を磁極検出角 θ_{act} から減算してなる磁極回転角

θ が、回転子 4 の実際の磁極の回転角とほぼ一致している（図 1（a）の状態になっている）こととなる。

【0071】

従ってこの場合には、位相補正器 18 は、STEP 19 において、現在出力している仮設定補正角 α を磁極補正角 θ_{ofs} と得る。そして、STEP 20 において、この磁極補正角 θ_{ofs} を記憶保持し、図 6 の処理を終了する。

【0072】

一方、STEP 18 の判断結果が NO である場合には、位相補正器 18 が現在出力している仮設定補正角 α を磁極検出角 θ_{act} から減算してなる磁極回転角 θ が、回転子 4 の実際の磁極の回転角と一致しない（図 1（b）の状態になっている）。そして、この場合には、位相補正器 18 は、STEP 21 において、仮設定補正角 α を、その現在値にあらかじめ定めた微小な所定量 $\Delta\alpha$ だけ増加させた値に更新した後、前記 STEP 17 からの処理を繰り返す。

【0073】

このようにして、d 軸電圧指令値 V_{dc} がほぼ「0」になるまで、仮設定補正角 α の値が所定量 $\Delta\alpha$ ずつ変化され、d 軸電圧指令値 V_{dc} がほぼ「0」となるような仮設定補正角 α が探索される。そして、その探索された仮設定補正角 α の値が、最終的に磁極補正角 θ_{ofs} として得られて記憶保持される。

【0074】

以上のようにして上述のように STEP 19 で得られる磁極補正角 θ_{ofs} は、前記図 1 を参照して説明した原理に従って、磁極検出角 θ_{act} の、実際の磁極位置の回転角に対する誤差角を表すものとなる。そして、この場合、前記第 1 実施形態と同様、モータ 2 の回転速度 ω が所定値以下であり、また、モータ 2 の回転速度 ω がほぼ一定の回転速度である状態で磁極補正角 θ_{ofs} を求めるので、磁極補正角 θ_{ofs} を精度よく得ることができる。このことは、回転子 4 の永久磁石 5 が円筒形のものである場合に限らず、突極形のものである場合でも同様である。

【0075】

従って、本実施形態においても、前記第 1 実施形態と同様、円筒機及び突極機のいずれであっても、磁極補正角 θ_{ofs} を簡単な構成で精度よく求めることがで

きる。そして、磁極補正角 θ_{ofs} を精度よく求めることができるので、モータ 2 にトルクを発生させる該モータ 2 の運転時におけるモータ効率や力率を高めることができる。

【0076】

尚、本実施形態では、仮設定補正角 α の初期値を「0」に設定したが、例えば磁極補正角 θ_{ofs} の現在値を仮設定補正角 α の初期値とし、その初期値の近傍範囲で仮設定補正角 α を変化させるようにしてもよい。

【0077】

また、以上説明した第1及び第2実施形態では、エンジン3の始動直後のアイドリング運転中で、モータ2のトルク指令値 T_{rc} (要求トルク) がほぼ「0」であるときに、磁極補正角 θ_{ofs} を求めるようにしたが、例えば車両の一時停車中のアイドリング運転時に磁極補正角 θ_{ofs} を求めるようにしてもよく、さらには、モータ2にトルクを発生させる必要のない状況では、例えば車両のクルーズ走行時に磁極補正角 θ_{ofs} を求めるようにしてもよい。この場合の実施形態は、例えば前記図5のSTEP1の判断処理、あるいは図6のSTEP11の判断処理を省略するようにすればよい。

【0078】

また、本発明は、基本的には、モータ2にトルクを発生させる必要のない状況では、磁極補正角 θ_{ofs} を求めることができるので、例えばモータ2にトルクを発生させずに、車両の空走運転を行なう場合、すなわち、走行中にアクセル操作量を「0」にして駆動輪に駆動力を付与することなく、車両の惰性走行を行なっているときに、磁極補正角 θ_{ofs} を求めるようにしてもよい。この場合の実施形態は、例えば、図5のSTEP1の判断処理、あるいは図6のSTEP11の判断処理に代えて、車両のアクセル操作がOFFになっているか否か（アクセル操作量が「0」であるか否か）を判断し、その判断結果がYESである場合に次のステップに進むようにすればよい。

【0079】

また、前記第1及び第2実施形態では、基本的にはエンジン3の始動が行なわれる都度、磁極補正角 θ_{ofs} が求められるようになっているが、例えば、車両の

生産工場における車両の生産完了時や、該車両の保守点検時に磁極補正角 θ_{ofs} を求めて更新するようにしてもよい。この場合の実施形態は、例えば、生産工場の作業員や保守点検作業員が、モータ制御装置 2 の位相補正器 18 に磁極補正角 θ_{ofs} の算出を許可するか否かを指令する操作スイッチをあらかじめモータ制御装置 2 に接続して設けておき、図 5 の STEP 1、あるいは図 6 の STEP 11 の判断処理の前に、該操作スイッチの ON/OFF を判断する処理を実行するようにする。そして、該操作スイッチが作業員により ON 操作されている場合にのみ、図 5 の STEP 1 あるいは図 6 の STEP 11 からの処理を位相補正器 18 が実行するようにすればよい。

【0080】

また、前記第 1 及び第 2 実施形態では、パラレル型ハイブリッド車両に搭載したモータ 1 の制御に関して説明したが、本発明は、例えば、シリーズ型ハイブリッド車両に走行用原動機として搭載された永久磁石式回転電機についても適用することができることはもちろんである。さらには、車両以外の原動機として用いる永久磁石式回転電機（永久磁石式電動機又は永久磁石式発電機）についても本発明を適用できる。

【0081】

また、前記第 1 及び第 2 実施形態では、電流指令切換器 10 を装備し、トルク指令が略「0」であるか否かを STEP 4 で判断した後に、STEP 5 に移行するようにしているが、例えば、エンジン式発電機（エンジンを駆動源とする発電機）に搭載された永久磁石式発電機に本発明を適用した場合のように、トルク指令が「0」と明確に確認できる時には電流指令切換器 10 を省略することも可能である。

【0082】

また、前記第 1 及び第 2 実施形態では、 dq ベクトル制御によってモータ 1 の制御を行なうものを例にとって説明したが、モータ 1 の実際の動作制御自体は、 dq ベクトル制御以外の制御手法によって行いながら、磁極補正角 θ_{ofs} を求めるようにすることも可能である。この場合には、例えば磁極補正角 θ_{ofs} を求める際に、 dq ベクトル制御以外の制御を行なう別の制御器から PWM インバータ

回路 17 に相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w を入力して、モータ 1 の電機子電流を「0」にするように電流制御を行なう一方、前記第 1 または第 2 実施形態のモータ制御装置 2 と同様の d q ベクトル制御の処理によって、 d 軸電圧指令値 V_{dc} 及び q 軸電圧指令値 V_{qc} を求めるようにする（但し、これらの指令値 V_{dc} 、 V_{qc} は、モータ 1 を実際に制御するためには用いない）。そして、前記第 1 または第 2 実施形態と同様に、磁極補正角 θ_{ofs} を求めるようにすればよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の原理を説明するための図。

【図 2】

本発明の実施形態の装置構成を示すブロック図。

【図 3】

図 2 の装置の永久磁石式回転電機を模式的に示す横断面図。

【図 4】

本発明の実施形態の作動を説明するためのタイミングチャート。

【図 5】

本発明の第 1 実施形態における位相補正器の作動を説明するためのフローチャート。

【図 6】

本発明の第 2 実施形態における位相補正器の作動を説明するためのフローチャート。

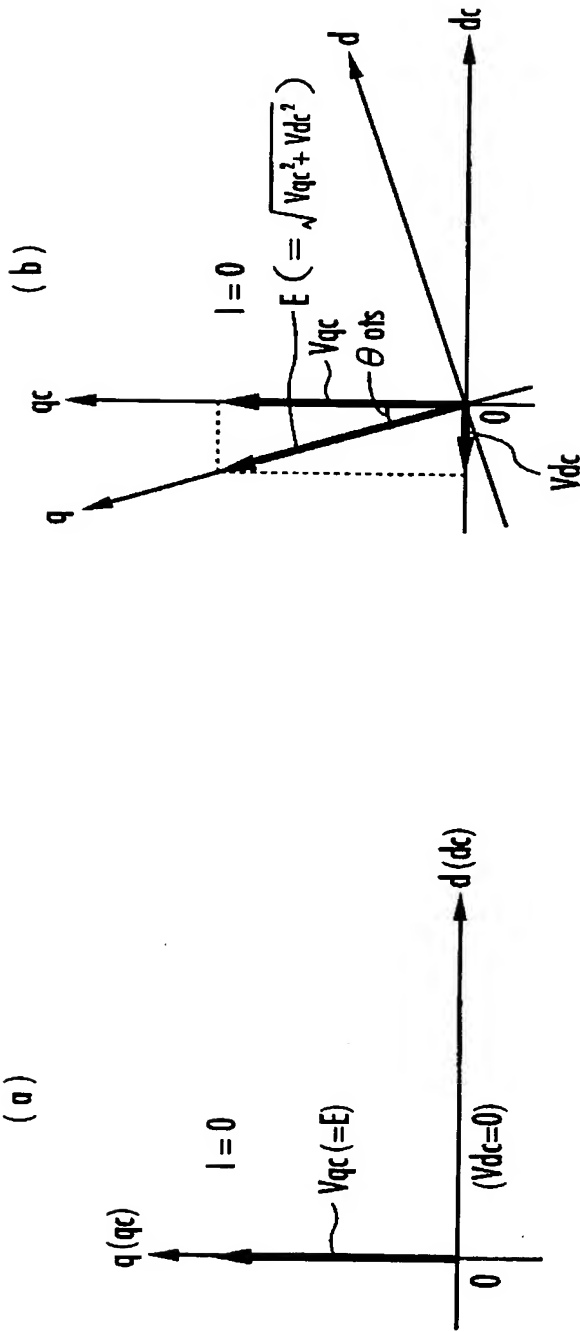
【符号の説明】

1…モータ（永久磁石式回転電機）、2…モータ制御装置（電流制御手段）、3…エンジン、4…回転子、5…永久磁石、6…固定子、7…電機子、8…磁極位置検出器、11u、11v…電流検出器、18…位相補正器（補正量決定手段）。

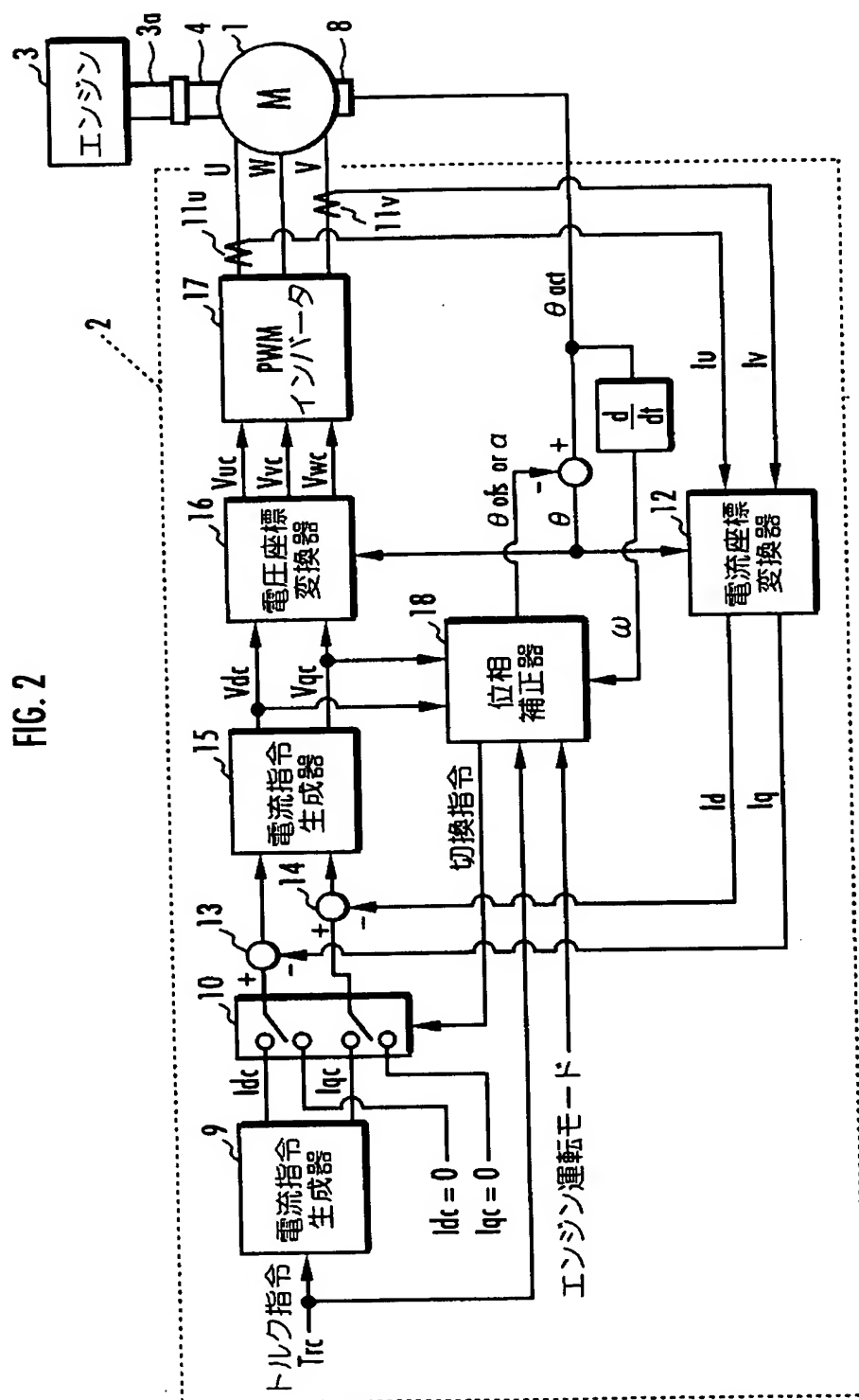
【書類名】 図面

【図 1】

FIG. 1

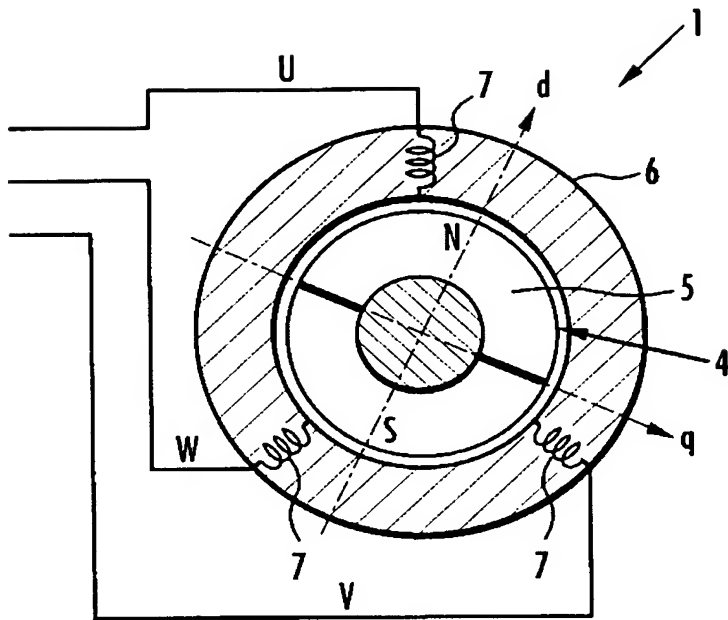


【図 2】



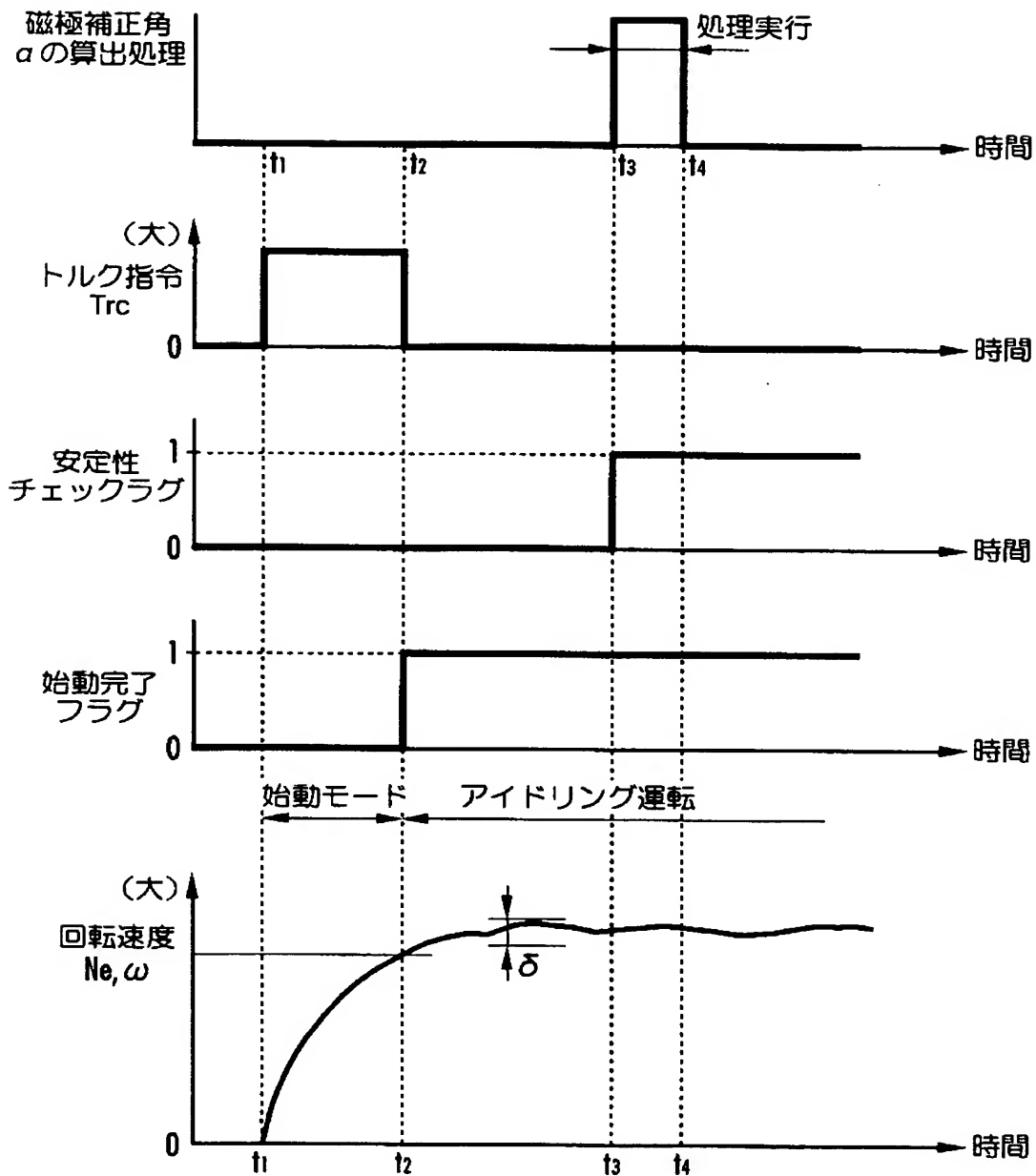
【図 3】

FIG. 3



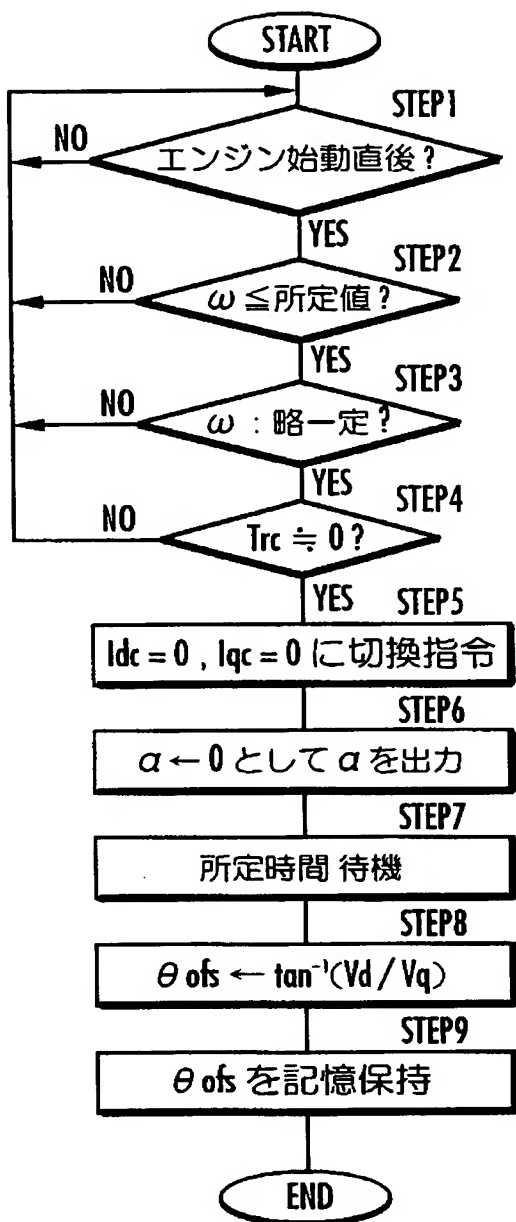
【図 4】

FIG. 4



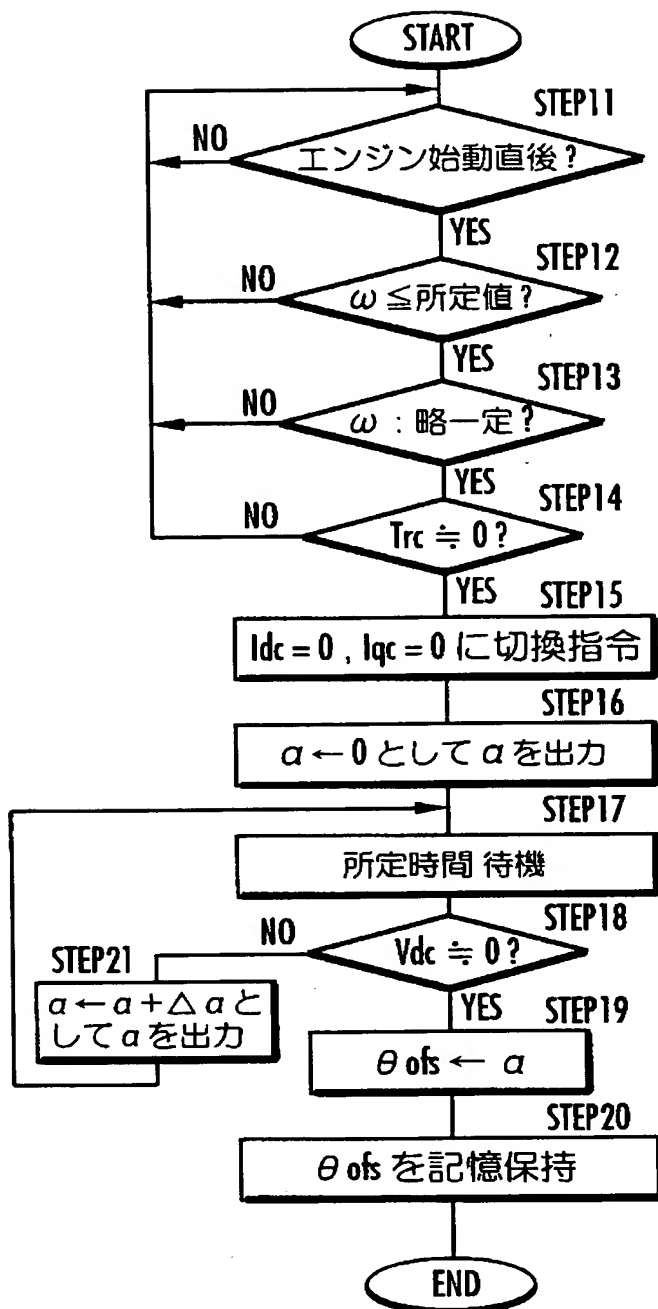
【図 5】

FIG. 5



【図 6】

FIG. 6



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 円筒機及び突極機のいずれであっても、電圧検出器を用いない簡単な手法で磁極位置の検出値の補正を適正に行って、永久磁石式回転電機の効率の良い運転制御を行うことができる制御装置を提供する。

【解決手段】 永久磁石式回転電機 1 の回転子 4 が回転しており、且つ電機子電流が略零となっている状態で、回転子 4 の界磁方向を d 軸、該 d 軸に直交する方向を q 軸とする d q 座標系で回転電機 1 を取扱う d q ベクトル制御の処理を実行し、この d q ベクトル制御の処理により求められる d 軸電圧指令値が略零になるように、磁極位置検出器 8 により検出される磁極位置を補正するための磁極位置補正量を求める。この磁極位置補正量で補正してなる磁極位置を用いて電機子電圧の位相を操作する。

【選択図】 図 2

特願 2002-288805

出願人履歴情報

識別番号

[000005326]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区南青山二丁目1番1号

氏 名

本田技研工業株式会社